

## Noble metal supported shell-type catalyst, its manufacturing and its use for preparing vinyl acetate

**Publication number:** EP0882507

**Publication date:** 1998-12-09

**Inventor:** HAGEMEYER ALFRED DR (DE); DINGERDISSEN UWE DR (DE); KUEHLEIN KLAUS PROF DR (DE); HEITZ JOHANNES DR (AT); BAEUERLE DIETER PROF DR (AT)

**Applicant:** HOECHST RES & TECH GMBH & CO (DE)

**Classification:**






**- International:** B01J23/38; B01J23/44; B01J23/52; B01J37/34; C07B61/00; C07C67/05; C07C67/055; C07C69/15; B01J23/38; B01J23/44; B01J23/48; B01J37/00; C07B61/00; C07C67/00; C07C69/00; (IPC1-7): B01J37/34; B01J23/40; B01J23/48; C07C67/055

**- European:** B01J23/44; B01J23/52; B01J37/34B6B; C07C67/055

**Application number:** EP19980109835 19980529




**Priority number(s):** DE19971023591 19970605

**Also published as:**

 US6268522 (B1)  
 JP11009997 (A)  
 DE19723591 (A1)  
 EP0882507 (B1)  
 ES2185084T (T3)

[more >>](#)

**Cited documents:**

 US4264421  
 US5260108  
 US5185308

[Report a data error here](#)

### Abstract of EP0882507

Production of shell catalysts (I) containing noble metal on a porous support comprises impregnating the support with noble metal salt solutions and exposed to ultraviolet (UV) radiation, so that the salts are reduced to the metal in the zones near the surface. Also claimed are (I) with a shell thickness of 5-5000  $\mu$ m.

---

Data supplied from the [esp@cenet](mailto:esp@cenet) database - Worldwide

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 0 882 507 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
09.12.1998 Patentblatt 1998/50

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **B01J 37/34**, **B01J 23/40**,  
**B01J 23/48**, **C07C 67/055**

(21) Anmeldenummer: 98109835.3

(22) Anmeldetag: 29.05.1998

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU**  
**MC NL PT SE**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK RO SI**

(30) Priorität: 05.06.1997 DE 19723591

(71) Anmelder:  
**Hoechst Research & Technology Deutschland**  
**GmbH & Co. KG**  
**65929 Frankfurt am Main (DE)**

(72) Erfinder:

- **Hagemeyer, Alfred, Dr.**  
**65929 Frankfurt (DE)**
- **Dingerdissen, Uwe, Dr.**  
**64342 Seehelm-Jugenheim (DE)**
- **Kühlein, Klaus, Prof. Dr.**  
**65779 Kelkheim (DE)**
- **Heltz, Johannes, Dr.**  
**4040 Linz (AT)**
- **Bäuerle, Dieter, Prof. Dr.**  
**4203 Altenberg (AT)**

(54) **Edelmetallhaltiger Trägerschalenkatalysator, Verfahren zu seiner Herstellung und seine Verwendung zur Herstellung von Vinylacetat**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von edelmetallhaltigen Trägerschalenkatalysatoren durch Photoreduktion von trägerfixierten Edelmetallsalz-Vorläufern mittels UV-Strahlung. Dazu wird der Trägerformkörper mit geeigneten Edelmetallsalzen imprägniert, die dann vorzugsweise in Abwesenheit von einem chemischen Reduktionsmittel mit UV-Strahlung in einer oberflächennahen Zone zu den Metallen reduziert werden. Die nicht bestrahlten und daher nicht reduzierten Edelmetallsalze im Korninneren der Pellets werden mit einem Lösungsmittel extrahiert.

Die auf diese Weise hergestellten Edelmetall-Schalenkatalysatoren können für eine Vielzahl von heterogen katalysierten Reaktionen wie Hydrierungen und Oxidationen eingesetzt werden.

Nach diesem Verfahren hergestellte Pd/Au-Schalenkatalysatoren auf porösen Keramik-Trägern wie SiO<sub>2</sub>-Formkörpern können erfindungsgemäß in der Vinylacetat-Synthese zum Einsatz kommen.

EP 0 882 507 A1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Katalysators durch UV-Photoreduktion von Metallsalzen auf einem Träger, den so hergestellten Katalysator, sowie seine Verwendung zur Herstellung von Vinylacetat.

Es ist bekannt, Vinylacetat in der Gasphase aus Ethylen, Essigsäure und Sauerstoff herzustellen. Die für diese Synthese verwendeten Trägerkatalysatoren enthalten Pd und ein Alkalimetall, vorzugsweise K. Als weitere Zusätze werden Cd, Au oder Ba verwendet. Die Metallsalze können durch Tränken, Aufsprühen, Aufdampfen, Imprägnieren, Tauchen oder Ausfällen auf den Träger aufgebracht werden.

Bei den Pd/Au/K-Katalysatoren hat es sich als vorteilhaft erwiesen, die beiden Edelmetalle in Form einer Schale auf den Träger aufzubringen, d.h. die Edelmetalle sind nur in einer oberflächennahen Zone verteilt, während die weiter innen liegenden Bereiche des Trägerformkörpers nahezu edelmetallfrei sind. Die Schichtdicke dieser katalytisch aktiven Schalen beträgt im allgemeinen ca. 0.1 - 2 mm. Mit Hilfe von Schalenkatalysatoren ist eine selektivere Verfahrensdurchführung möglich als mit Katalysatoren, bei denen die Trägerteilchen bis in den Kern imprägniert ("durchimprägniert") sind, bzw. eine Kapazitätserweiterung.

Dabei bietet es sich an, die Reaktionsbedingungen gegenüber den durchimprägnierten Katalysatoren unverändert zu halten und mehr Vinylacetat pro Reaktorvolumen und Zeit herzustellen. Dadurch wird die Aufarbeitung des erhaltenen Rohvinylacetats erleichtert, da der Vinylacetatgehalt im Reaktorausgangsgas höher ist, was weiterhin zu einer Energieersparnis im Aufarbeitungsteil führt. Geeignete Aufarbeitungen werden z.B. in US-5 066 365, DE-34 22 575, DE-34 08 239, DE-29 45 913, DE-26 10 624 und US-3 840 590 beschrieben. Hält man dagegen die Anlagenkapazität konstant, so kann man die Reaktionstemperatur senken und dadurch bei gleicher Gesamtleistung die Reaktion selektiver durchführen, wobei Edukte eingespart werden. Dabei wird auch die Menge des als Nebenprodukt entstehenden und daher auszuschleusenden Kohlendioxids und der mit dieser Ausschleusung verbundene Verlust an mitgeschlepptem Ethylen geringer. Darüberhinaus führt diese Fahrweise zu einer Verlängerung der Katalysatorstandzeit.

Eine Vielzahl von Dokumenten offenbart Katalysatoren und Verfahren zur Herstellung von Vinylacetat und Verfahren zu deren Herstellung. Es handelt sich dabei um durchimprägnierte Katalysatoren oder um Schalenkatalysatoren, die im allgemeinen zur Abscheidung der Edelmetalle auf dem Katalysatorträger einer chemischen Reduktion der auf den Träger aufgetragenen Edelmetallverbindungen unterworfen werden. Überraschenderweise wurde gefunden, daß die katalytisch aktiven Metalle auch durch Photoreduktion auf dem Träger abgeschieden werden können.

Die Abscheidung eines Metalls auf der Oberfläche eines Trägers kann aus einem Gas, einer Flüssigkeit oder einer adsorbierten Oberflächenschicht erfolgen. In den Druckschriften "Laser Processing and Chemistry" (Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1996) und "Chemical Processing with Lasers" (Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1986) von D. Bäuerle sind solche Verfahren für viele Metalle (darunter Ni, Ag, Au, Pd, Pt, Os und Ir) beschrieben.

Für das erfindungsgemäße Verfahren ist die Abscheidung von katalytisch aktiven Metallen aus adsorbierten Oberflächenschichten von besonderem Interesse.

W. Kräuter, D. Bäuerle, F. Fimberger, Appl. Phys. A 31, 13 (1983) beschreiben die laserinduzierte Abscheidung von Ni aus der Gasphase ( $\text{Ni}(\text{CO})_4$ ) mit einem Kryptonionenlaser mit Wellenlängen von 476 bis 647 nm. Als Substrat wurde Glas oder Si benutzt. Es wird darauf hingewiesen, daß der Beginn der Abscheidung auf die Photoreduktion einer adsorbierten  $\text{Ni}(\text{CO})_4$ -Schicht zurückzuführen ist. Diese Photoreduktion ist mit Ultraviolett- (UV-) Licht wesentlich effizienter als mit sichtbarem Licht.

Y.-F. Lu, M. Takai, S. Nagatomo, K. Kato und S. Namba, Appl. Phys. A 54, 51 - 56 (1992) beschreiben die Abscheidung von Ag aus einer adsorbierten Ag-Acetatschicht auf einem Mn-Zn-Ferritsubstrat. Zur Bestrahlung wurde ein Argonionenlaser bei einer Wellenlänge von 514,5 nm verwendet.

R. C. Sausa, A. Gupta und J. R. White, J. Electrochem. Soc. 134, 2707 - 2713 (1987) beschreiben die Abscheidung von Pt auf Quarz aus einer metallorganischen Schicht ebenfalls durch Bestrahlung mit einem Argonionenlaser. Die Schicht wurde durch Verdampfen des Lösungsmittels aus einer Lösung hergestellt, die neben der metallorganischen Verbindung (Bright Platinum-05X, Engelhard Corporation) auch lackähnlichen Binder und Lösungsmittel enthielt. Das abgeschiedene Pt wurde als Keimschicht für die stromlose Kupferabscheidung eingesetzt.

H. Esrom, J. Demmy und U. Kogelschatz, Chemtronics 4, 202 - 208 (1989) berichten über den Einsatz einer  $\text{Xe}_2^*$ -Excimerlampe (Wellenlänge 172 nm) zur Abscheidung von Pd-Keimen auf Aluminiumoxidsubstraten für die stromlose Kupferabscheidung. Als adsorbierte Schicht wurde Pd-Acetat verwendet.

Auch Y. Zhang und M. Stuke, Chemtronics 4, 212 - 215 (1989) beschreiben die Abscheidung von Pd aus einer Pd-Acetatschicht auf Aluminiumoxidkeramiken, Quarzsubstraten und Siliziumwafern. Zur Bestrahlung wurde das Synchrotronlicht eines Elektronenspeicherringes im Wellenlängenbereich von 40 - 400 nm eingesetzt.

H. Esrom und G. Wahl, Chemtronics 4, 216 - 223 (1989) beschreiben die Photoreduktion von Pd-Acetat durch die Bestrahlung mit Licht aus einem ArF-Excimerlaser (Wellenlänge 193 nm) und einem KrF-Excimerlaser (Wellenlänge 248 nm). Mit diesem Verfahren wurden Pd-Keime für die stromlose Kupferabscheidung auf Quarz und Aluminiumoxidkeramiken abgeschieden.

A. G. Schrott, B. Braren und R. Saraaf, Appl. Phys. Lett. 64, 1582 - 1584 (1994) berichten über die Photoreduktion von  $\text{PdSO}_4$  zu metallischem Pd mit einem Excimerlaser. Auch hier konnte gezeigt werden, daß bekeimte Substrate ( $\text{SiO}_2$ ) für die stromlose Kupferabscheidung benutzt werden konnten.

P. B. Comita, E. Kay, R. Zhang und W. Jacob, Appl. Surf. Sci. 79/80, 196 - 202 (1994) beschreiben die laserinduzierte Koaleszenz von Goldclustern in einer dünnen Fluorkohlenstoffschicht, die durch Plasmapolymersation hergestellt wurde. Bei der Herstellung dieser Schicht wurde durch Ionensputtern Gold eingelagert. Durch Bestrahlung mit einem Argonionenlaser wurde die Polymermatrix aufgebrochen und verdampft und es blieben zusammenhängende Goldstrukturen zurück.

Keine dieser Druckschriften offenbart ein Verfahren zur Herstellung von Katalysatoren.

Zur photoinduzierten Abscheidung von Edelmetallen aus adsorbierten Oberflächenschichten werden sowohl UV-Lichtquellen als auch Lichtquellen, die sichtbares Licht aussenden, eingesetzt. Da die Absorptionskoeffizienten der im erfindungsgemäßen Verfahren verwendeten Stoffe im ultravioletten Spektralbereich wesentlich höher sind als im sichtbaren Spektralbereich, kann mit entsprechend niedrigeren Leistungsdichten gearbeitet werden, falls UV-Lichtquellen eingesetzt werden. Da dadurch ein wesentlich höherer Durchsatz erreicht wird, ist der Einsatz von UV-Lichtquellen bevorzugt, wobei die Quellen mit den kürzesten Wellenlängen im allgemeinen die höchste Effizienz aufweisen, und daher deren Verwendung besonders bevorzugt ist.

Die zur Photoreduktion verwendeten UV-Strahlungsquellen sind Stand der Technik. Es handelt sich dabei um Lampen, Laser oder sonstige Strahlungsquellen wie Elektronenspeicherringe (Synchrotrons) oder Plasmaentladungen. Bei der Benutzung von Lampen stehen vor allem Hg-Dampflampen (mit starken Emissionslinien bei Wellenlängen von 185 nm und 254 nm) und spektral eng begrenzte Excimerlampen, bei denen die UV-Strahlung durch den Zerfall von Excimeren oder Exciplexen wie  $\text{Kr}_2^*$  (Wellenlänge 146 nm),  $\text{Xe}_2^*$  (172 nm),  $\text{KrCl}^*$  (222 nm) oder  $\text{XeCl}^*$  (308 nm) entsteht, zur Verfügung. Als leistungsstarke UV-Laser werden gepulste Excimerlaser eingesetzt. Auch hier entsteht das Licht durch den Zerfall von Excimeren oder Exciplexen wie  $\text{F}_2^*$  (157 nm),  $\text{ArF}^*$  (193 nm),  $\text{KrF}^*$  (248 nm),  $\text{XeCl}^*$  (308 nm) und  $\text{XeF}^*$  (351 nm). Es können auch frequenzvervielfachte Nd-YAG-Laser (Wellenlänge 1064 nm / n; n = 3, 4, 5, ...) verwendet werden. Weitere Quellen für UV-Strahlung sind Synchrotrons, die eine breitbandige Strahlung bis in den Röntgenbereich liefern, und das Licht einer Plasmaentladung bei niedrigem Druck.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung war, ein Verfahren zur Herstellung edelmetallhaltiger Schalenkatalysatoren bereitzustellen, das auf chemische Reduktionsmittel verzichtet und eine einfache Einstellbarkeit der Schalendicke erlaubt. Ferner war es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen aktiven und selektiven Vinylacetat-Schalenkatalysator auf Basis Pd/Au mit wenigen Arbeitsschritten, schnell und kostengünstig herzustellen, und dabei eine leichte Steuerbarkeit der Schalendicke zu ermöglichen.

Die gestellten Aufgaben werden durch die Erfindung gelöst, indem trägerfixierte Edelmetallsalze durch Photoreduktion mittels UV-Strahlung in einer äußeren Schale des Trägerformkörpers zum Metall reduziert und fixiert werden. Die Schalendicke kann über die Eindringtiefe der UV-Strahlung eingestellt werden. Auf diese Weise wird eine gute Einheitlichkeit der katalytisch aktiven Metallteilchen, eine schmalbandige Partikelgrößenverteilung und eine hohe Metalldispersion in der Schale erreicht.

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zur Herstellung von edelmetallhaltigen Schalenkatalysatoren auf einem porösen Träger, wobei der Träger mit Salzlösungen der Edelmetalle imprägniert und anschließend einer UV-Strahlung ausgesetzt wird, so daß die Edelmetallsalze in der oberflächennahen Zone zu den Metallen reduziert werden.

Die Photoreduktion erfolgt vorzugsweise mit einer monochromatischen UV-Excimer-Strahlung. Vorzugsweise wird in Abwesenheit von chemischen Reduktionsmitteln gearbeitet.

Die nichtbestrahlten und daher nicht reduzierten Metallsalze im Korninneren der Pellets werden nach der Bestrahlung des Trägers mit einem Lösungsmittel extrahiert, wobei die in der Schale fixierten Edelmetall-Nanoteilchen aufgrund ihrer Unlöslichkeit nicht ausgewaschen werden und ortsfest bleiben.

Ein weiterer Gegenstand der Erfindung sind die nach diesem Verfahren herstellbaren Schalenkatalysatoren.

Die auf diese Weise hergestellten Schalenkatalysatoren können für eine Vielzahl von heterogen katalysierten Reaktionen wie Hydrierungen und Oxidationen eingesetzt werden.

Nach diesem Verfahren hergestellte Pd/Au-Schalenkatalysatoren sind zur Verwendung in der Vinylacetat-Synthese geeignet. Im Vergleich zu konventionellen Präparationstechniken von Edelmetall-Trägerkatalysatoren (Imprägnierung mit Metallsalzen und deren chemische Reduktion) kann bei der erfindungsgemäßen Photoreduktion auf das chemische Reduktionsmittel und auf die damit verbundenen Nachteile wie Kontamination des Trägers mit Fremdmetallen, Entsorgung des Salzanfalls, Mehrstufigkeit und energie- und zeitintensive Handhabung von oft giftigen Lösungen verzichtet werden.

Gegenüber den konventionellen Verfahren zur Schalenherzeugung (Fixierung durch Basenfällung gefolgt von chemischer Reduktion) hat das erfindungsgemäße Verfahren den Vorteil einer leichten Steuerbarkeit und Kontrollierbarkeit der Schalendicke über die für die Abscheidung wesentlichen physikalischen Parameter wie Wellenlänge und Leistung der UV-Strahlungsquelle, sowie Konzentration der Imprägnierlösung, und Zeit und Temperatur der Photoreduktion. Die

Reduktion und Fixierung in der Schale erfolgen beim erfindungsgemäßen Verfahren gleichzeitig in einem Schritt.

Bevorzugt sind solche Katalysatoren mit einer Schalendicke von 5 bis 5000  $\mu\text{m}$ . Weiterhin sind solche Katalysatoren bevorzugt, die Pd und/oder Au enthalten.

Die erfindungsgemäße Photoreduktion dauert nur wenige Minuten, während für die herkömmliche Basenfixierung ca. 20 h gebraucht werden.

Die erfindungsgemäß hergestellten Schalenkatalysatoren zeichnen sich aufgrund der genannten Eigenschaften durch hohe Aktivitäten und Selektivitäten aus. Als Aktivmetalle, die in der Schale konzentriert werden können, sind alle Metalle geeignet, für die photoreduzierbare Vorläufer existieren. Voraussetzung dafür ist eine ausreichende UV-Absorption der Vorläufer bei der eingestrahnten Wellenlänge. Durch geeignete Auswahl der zur Bestrahlung eingesetzten Wellenlänge kann für eine Vielzahl von einfachen und verfügbaren Metallsalzen wie z.B. Acetaten, Formiaten, Propionaten, Butyraten, Nitraten, Sulfaten oder Chloriden eine UV-Absorption erreicht werden. Auch können die imprägnierten Träger vor der Bestrahlung mit UV-Licht mit Sensibilisatoren beaufschlagt werden. Aufgrund der leichten Photoreduzierbarkeit sind insbesondere alle Edelmetalle sowie deren Mischungen, geeignet. Bevorzugt sind Pd, Au, Pt, Ag, Rh, Ru, Os und Ir. Besonders bevorzugt sind Pd und Au.

Als Träger werden inerte Materialien, wie  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$  oder Gemische dieser Oxide in Form von Kugeln, Tabletten, Ringen, Sternen oder anderen Formkörpern benutzt. Der Durchmesser bzw. die Länge und Dicke der Trägerteilchen liegt im allgemeinen bei 3 bis 9 mm. Die Oberfläche der Träger liegt, gemessen mit der BET-Methode, im allgemeinen bei 10 - 500  $\text{m}^2/\text{g}$ , bevorzugt bei 20 - 250  $\text{m}^2/\text{g}$ . Das Porenvolumen liegt im allgemeinen bei 0.3 bis 1.2  $\text{ml/g}$ .

Die Reduktion und Trägerfixierung der Edelmetallvorläufer erfolgt erfindungsgemäß durch UV-Licht. Dabei können beispielsweise folgende UV-Strahlungsquellen verwendet werden: UV-Excimerlaser, frequenzvervielfachte Nd:YAG-Laser, UV-Excimerlampen, Hg-Dampflampen, Synchrotrons oder Niederdruckplasmaentladungen. Bevorzugt kommt UV-Excimerstrahlung zum Einsatz, die monochromatisch ist und hohe Leistungsspitzen aufweist. Geeignete Wellenlängen liegen im Bereich von 40 bis 400 nm. Bevorzugte Wellenlängen liegen zwischen 140 und 360 nm, insbesondere 172 nm ( $\text{Xe}_2^*$ -Lampe), 193 nm ( $\text{ArF}^*$ -Laser), 222 nm ( $\text{KrCl}^*$ -Lampe), 248 nm ( $\text{KrF}^*$ -Laser) und 308 nm ( $\text{XeCl}^*$ -Lampe). Bevorzugte UV-Leistungsdichten liegen zwischen 0,01 und 100  $\text{W}/\text{cm}^2$ , besonders bevorzugte UV-Leistungsdichten zwischen 0,1 und 20  $\text{W}/\text{cm}^2$ .

Bei Einsatz gepulster Laser liegen die geeigneten Pulsfrequenzen im allgemeinen im Bereich zwischen 0,1 und 5000 Pulse/s. Die Einstrahlzeiten liegen im allgemeinen zwischen 0,01 s und 3600 s. Bevorzugte Pulsfrequenzen sind 1 bis 1000 Pulse/s und bevorzugte Einstrahlzeiten 0,01 bis 1000 s, insbesondere 0,1 bis 300 s.

Beim Einsatz von UV-Lampen, die nicht gepulst sind und wesentlich größere räumliche und spektrale Bestrahlungsfenster als UV-Laser aufweisen können, liegen die geeigneten Bestrahlungszeiten zwischen 1 s und 10 h. Bevorzugte Bestrahlungszeiten liegen zwischen 0,1 min und 100 min.

Durch die begrenzte Eindringtiefe der UV-Strahlung kann die Schalendicke leicht eingestellt und gesteuert werden. Sollen mehrere Edelmetalle auf dem Träger fixiert werden (z.B. Pd und Au), so können diese bei geeigneter Wahl der für die Abscheidung wesentlichen physikalischen Parameter nach dem erfindungsgemäßen Verfahren gleichzeitig photoreduziert werden, wobei im allgemeinen Legierungsteilchen entstehen. Alternativ kann auch eine sequentielle Photoreduktion unter jeweils für die Einzelmetalle optimierten Einstrahlbedingungen durchgeführt werden, die zu strukturierten Edelmetallteilchen führen kann.

Die Photoreduktion kann auch mit der konventionellen chemischen Reduktion kombiniert werden. Beispielsweise kann die Photoreduktion nur zur Vorbekeimung in der Schale eingesetzt werden, die dann durch erneute Tränkung mit gleichen oder anderen Metallsalzen und deren chemische Reduktion verstärkt wird. Ebenso kann auch nur eines der beiden Metalle photoreduziert werden und das andere Metall danach mit konventionellen Methoden aufgebracht und reduziert werden. Beispielsweise kann zuerst mit Pd-Acetat imprägniert werden, das dann in einer Schale zu Pd-Metall photoreduziert wird. Anschließend kann mit Au-Salzen nachgetränkt werden, deren Reduktion nachchemisch oder auch in-situ im Reaktor mit gasförmigen Reduktionsmitteln wie  $\text{H}_2$  oder Ethylen erfolgen kann. Auf diese Weise wird sichergestellt, daß das eigentliche Aktivmetall für den Vinylacetat-Prozeß, also das Pd, in einer Schale fixiert wird, während die Verteilung des Aktivators, also des Au, weniger kritisch ist und der daher auch mit konventionellen chemischen Verfahren fixiert werden kann.

Die nicht bestrahlten und daher nicht reduzierten Edelmetallsalze im Korninneren der Pellets werden mit einem Lösungsmittel extrahiert. Geeignete Lösungsmittel sind z.B. Chloroform, Essigsäure oder wäßrige Lösungen von Zitronensäure oder Oxalsäure.

Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich insbesondere zur Herstellung von Vinylacetat-Schalenkatalysatoren. Von diesen gibt es 3 Arten, die sich im wesentlichen aus Pd/Cd/K, Pd/Ba/K oder Pd/Au/K zusammensetzen. Die fertigen Vinylacetat-Katalysatoren weisen folgende Zusammensetzungen auf:

Der Pd-Gehalt der Pd/K/Cd- und der Pd/K/Ba-Katalysatoren beträgt im allgemeinen 0.6 bis 3.5 Gew.-%, vorzugsweise 0.8 bis 3.0 Gew.-%, insbesondere 1.0 bis 2.5 Gew.-%. Der Pd-Gehalt der Pd/Au/K-Katalysatoren beträgt im allgemeinen 0.5 bis 2.0 Gew.-%, vorzugsweise 0.6 bis 1.5 Gew.-%.

Der K-Gehalt aller drei Katalysator-Arten beträgt im allgemeinen 0.5 bis 4.0 Gew.-%, vorzugsweise 1.5 bis 3.0 Gew.-%.

Der Cd-Gehalt der Pd/K/Cd-Katalysatoren beträgt im allgemeinen 0.1 bis 2.5 Gew.-%, vorzugsweise 0.4 bis 2.0 Gew.-%.

Der Ba-Gehalt der Pd/K/Ba-Katalysatoren beträgt im allgemeinen 0.1 bis 2.0 Gew.-%, vorzugsweise 0.2 bis 1.0 Gew.-%.

Der Au-Gehalt der Pd/K/Au-Katalysatoren beträgt im allgemeinen 0.2 bis 1.0 Gew.-%, vorzugsweise 0.3 bis 0.8 Gew.-%.

Als Salze sind alle Salze von Palladium, Cadmium, Barium, Gold und Kalium geeignet, die löslich sind und keine für den Katalysator giftigen Bestandteile, wie z.B. Schwefel enthalten. Bevorzugt sind die Acetate und die Chloride. Dabei muß aber im Falle der Chloride sichergestellt werden, daß die Chloridionen vor dem Einsatz des Katalysators entfernt werden. Dies geschieht durch Auswaschen des dotierten Trägers, z.B. mit Wasser, nachdem Pd und ggf. Au durch Reduktion zu den Metallpartikeln auf dem Träger fixiert wurden.

Als Lösungsmittel zur Imprägnierung sind alle Verbindungen geeignet, in denen die gewählten Salze löslich sind und die nach der Imprägnierung leicht wieder durch Trocknung zu entfernen sind. Geeignet sind für die Acetate vor allem unsubstituierte Carbonsäuren, insbesondere Essigsäure. Für die Chloride ist vor allem Wasser geeignet. Die zusätzliche Verwendung eines weiteren Lösungsmittels ist dann zweckmäßig, wenn die Salze in der Essigsäure oder im Wasser nicht genügend löslich sind. Als zusätzliche Lösungsmittel kommen diejenigen in Betracht, die inert und mit Essigsäure bzw. Wasser mischbar sind. Genannt seien als Zusätze für Essigsäure Ketone wie Aceton und Acetylaceton, ferner Ether wie Tetrahydrofuran oder Dioxan, Acetonitril, Dimethylformamid, aber auch Kohlenwasserstoffe wie Benzol.

Von jedem der auf die Trägerteilchen aufzubringenden Elemente (Pd/K/Au, Pd/K/Cd, Pd/K/Ba) wird im allgemeinen mindestens ein Salz aufgebracht. Man kann mehrere Salze eines Elements aufbringen, aber im allgemeinen bringt man von jedem der drei Elemente genau ein Salz auf. Die notwendigen Salzmenge können in einem Schritt oder durch Mehrfachimprägnierung aufgebracht werden. Die Salze können nach bekannten Verfahren wie Tränken, Aufsprühen, Aufdampfen, Tauchen, Imprägnieren oder Ausfällen auf den Träger aufgebracht werden.

Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren werden nur die Edelmetallsalze, also Pd- und Au-Salze, zu den entsprechenden Edelmetall-Nanoteilchen reduziert und nicht die "unedlen" Bestandteile K, Cd, Ba. Letztere können zusammen mit den Edelmetallsalzen oder auch vorher oder nachher auf den Träger aufgebracht werden. Normalerweise wird nach dem erfindungsgemäßen Verfahren zuerst eine Schale aus Pd/Au erzeugt und danach mit K-Acetat-Lösung nachgetränkt, wobei das K gleichmäßig über den Pelletquerschnitt verteilt ist.

Die Herstellung des Vinylacetats erfolgt im allgemeinen durch Leiten von Essigsäure, Ethylen und Sauerstoff oder Sauerstoff enthaltenden Gasen bei Temperaturen von 100 bis 220°C, vorzugsweise 120 bis 200°C, und bei Drucken von 1 bis 25 bar, vorzugsweise 1 bis 20 bar, über den fertigen Katalysator, wobei nicht umgesetzte Komponenten im Kreis geführt werden können. Zweckmäßig hält man die Sauerstoffkonzentration unter 10 Vol.-% (bezogen auf das essigsäurefreie Gasgemisch). Unter Umständen ist jedoch auch eine Verdünnung mit inerten Gasen wie Stickstoff oder Kohlendioxid vorteilhaft. Besonders Kohlendioxid eignet sich zur Verdünnung, da es in geringen Mengen während der Reaktion gebildet wird.

Die folgenden Beispiele sollen die Erfindung erläutern.

#### Beispiel 1:

##### a) Imprägnierung von porösen SiO<sub>2</sub>-Tabletten mit Pd-Acetat:

50 ml Aerosil200-Tabletten (5.5 x 6 mm, Degussa) werden vorgelegt (ca. 25 g).

530 mg Pd-Acetat (Aldrich) wird in 30 ml Eisessig gelöst (entspricht 1 Gew.-% Pd).

Die Lösung wird über ein Faltenfilter filtriert. Die klare Pd-Lösung wird zu den Aerosil-Tabletten gegeben und der Eisessig am Rotavapor über 2 h unter ständigem Drehen wieder abgezogen. Anschließend werden noch vorhandene Essigreste im Ölpumpenvakuum bei 0.2 mbar / 60°C abgezogen.

##### b) Photoreduktion:

Die Stirnflächen der Tabletten wurden mit einem KrF<sup>+</sup>-Laser (Wellenlänge 248 nm) in Luft mit je 500 Laserpulsen bestrahlt. Die Energiedichte des Laserlichts auf der Probenoberfläche betrug 350 mJ/cm<sup>2</sup>. Die Pulsfrequenz des Lasers war 10 Pulse/s. Nach Durchschneiden einer repräsentativen Anzahl von Pellets wurde die Schalendicke mittels Lichtmikroskopie und XPS-Line-Scans ausgemessen. Die Schalendicke beträgt ca. 0.5 mm.

##### c) Konfektionierung zum technischen Katalysator:

20ml bestrahlte Aerosil - Tabletten werden mit 2l Essigsäure, 40% + 10% Kaliumacetat, im Soxhlet gewaschen und

bei 110°C getrocknet.

Da die Tabletten bereits 1% Pd enthalten, wird hier nur noch Au aufgetragen:

125,4mg Au(CH<sub>3</sub>COO)<sub>3</sub> (entspr. 66mg Au), hergestellt nach der Vorschrift aus US-4 933 204, werden in 10ml H<sub>2</sub>O gelöst und zu den Tabletten gegeben. Am Rotavapor läßt man unter Drehen und unter einem N<sub>2</sub>-Strom eintrocknen. Danach wird bei 110°C getrocknet. 0,8g Kaliumacetat werden in 15ml H<sub>2</sub>O gelöst und w.o. auf die Tabletten verbracht, bei 110°C für 4h getrocknet, danach noch zusätzlich im Vakuum über Nacht nachgetrocknet.

#### d) Reaktortests

Reaktortests für die Gasphasenoxidation von Ethylen und Essigsäure zu Vinylacetat:

Die Katalysatoren werden in einem Festbett-Rohrreaktor mit 2 cm Rohrdurchmesser getestet. Der Reaktor wird von außen mit einer Öl-Mantelheizung temperiert. Es werden 15 ml der Katalysator-Formkörper vorgelegt. Das Reaktort Volumen vor und nach der Katalysatorschüttung wird mit Glaskugeln aufgefüllt. Die Testapparatur wird von einem Prozeßleitsystem gesteuert und kontinuierlich betrieben. Der Katalysator wird zunächst aktiviert und dann unter konstanten Reaktionsbedingungen getestet.

Die Aktivierung besteht aus mehreren Schritten: Aufheizen unter N<sub>2</sub>, Zugabe von Ethylen, Druckerhöhung, Zugabe Essigsäure, Halten der Bedingungen, Zugabe Sauerstoff.

Die Reaktionsbedingungen bei den Tests sind 160-170°C Reaktionstemperatur, 8-9 bar Überdruck. Der Feed setzt sich zusammen aus 64.5 Vol.-% Ethylen, 16.1 Vol.-% N<sub>2</sub>, 14.3 Vol.-% Essigsäure und 5.1 Vol.-% O<sub>2</sub>. Eine Vollanalyse des Reaktorausstrags wird direkt am Reaktorausgang mittels on-line GC (2 Säulen-Schaltung) durchgeführt.

Die Reaktorergebnisse finden sich in der nachfolgenden Tabelle. Die Konzentrationsverhältnisse der beteiligten Stoffe sind in GC-Flächenprozenten angegeben.

Tabelle 1

Probe	T (°C)	p (bar)	GC-Analyse des Reaktorausstrags						
			CO <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	Vinylacetat	Essigsäure
Beispiel 1	160	9	0.85	55.7	3.25	19.5	0.8	1.27	18.5
Beispiel 1	170	9	1.4	53.8	2.59	23.1	1.18	1.15	16.8

#### Beispiel 2:

##### a) Imprägnierung von porösen SiO<sub>2</sub>-Tabletten mit Pd-Acetat und Au-Acetat:

50 ml (ca. 25 g) Aerosil200-Tabletten (5.5 x 6 mm, Degussa) werden vorgelegt.

530 mg Pd-Acetat (Aldrich) (entspricht 1 Gew.-% Pd) wird in 30 ml Eisessig gelöst.

290 mg Au-Acetat (entspricht 0.6 Gew.-% Au), hergestellt nach der Vorschrift aus US 4 933 204 werden in 10 ml Eisessig gelöst. Die beiden Lösungen werden zusammengegeben und über ein Faltenfilter filtriert. Die klare Pd-Au-Lösung wird zu den Aerosil-Tabletten gegeben und der Eisessig am Rotavapor über 2 h unter ständigem Drehen wieder abgezogen. Anschließend werden noch vorhandene Essigreste im Ölpumpenvakuum bei 0.2 mbar / 60°C abgezogen. Das Endgewicht der imprägnierten Tabletten beträgt 25,8 g.

##### b) Photoreduktion:

Die imprägnierten Tabletten wurden mit einem KrF\*-Laser (Wellenlänge 248 nm) in Luft mit je 150 Laserpulsen auf beiden Stirnflächen bestrahlt. Die Energiedichte (Fluenz) des Laserlichts auf der Probenoberfläche betrug 350 mJ/cm<sup>2</sup>. Die Pulsfrequenz des Lasers war 10 Pulse/s.

Nach Durchschneiden einer repräsentativen Anzahl von Pellets wurde die Schalendicke mittels Lichtmikroskopie und XPS-Line-Scans ausgemessen. Die Anzahl der Pulse ist so gewählt, daß die Schalendicke ca. 0.9 mm beträgt.

Der durch die Bestrahlung induzierte Farbumschlag von gelb nach schwarzbraun war deutlich zu erkennen. Im Gegensatz zu Beispiel 1 (Vortränkung nur mit Pd-Acetat) war es bei der Pd-Au-Vorimprägnierung leichter, einen Farbumschlag zu erreichen.

##### c) Konfektionierung zum technischen Katalysator

Die bestrahlten Tabletten werden im Soxhlet zunächst mit 2000ml 40% Essigsäure, danach mit 1000ml Wasser gewaschen, über Nacht bei 110°C und Normaldruck getrocknet, danach noch 1 Stunde im Vacuum. 2g Kaliumacetat werden in 30ml Wasser gelöst und auf einmal zu den Pellets gegeben. Es wird für 15 min unter ständigem Dre-

hen gemischt und wieder bei 110°C und Normaldruck getrocknet, zuletzt noch 1 Stunde unter Vacuum.

#### d) Reaktortests

Die Herstellung von Vinylacetat erfolgte unter den gleichen Bedingungen wie unter d) in Beispiel 1 angegeben. Die Reaktorergebnisse finden sich in der nachfolgenden Tabelle. Die Konzentrationsverhältnisse der beteiligten Stoffe sind in GC-Flächenprozenten angegeben.:

Tabelle 2

Probe	T (°C)	p (bar)	GC-Analyse des Reaktorausstrags						
			CO <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	Vinylacetat	Essigsäure
Beispiel 2	160	9	0.01	56.8	4.3	19.5	0.06	0.34	19.0

#### Patentansprüche

- Verfahren zur Herstellung von edelmetallhaltigen Schalenkatalysatoren auf einem porösen Träger, wobei der Träger mit Salzlösungen der Edelmetalle imprägniert und anschließend einer UV-Strahlung ausgesetzt wird, so daß die Edelmetallsalze in der oberflächennahen Zone zu den Metallen reduziert werden.
- Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Edelmetalle ausgewählt sind aus der Gruppe bestehend aus Pd, Au, Pt, Ag, Rh, Ru, Os und Ir.
- Verfahren nach Anspruch 1 und/oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Edelmetalle Au und Pd sind, und als deren Salze die Acetate verwendet werden.
- Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß als Trägermaterialien SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub> oder deren Mischungen verwendet werden.
- Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die UV-Photoreduktion durch eine Bestrahlung mit Licht einer Wellenlänge von 40 bis 400 nm, insbesondere von 140 bis 360 nm durchgeführt wird.
- Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Photoreduktion des Pd und/oder Au durch eine Bestrahlung mit UV-Licht mit einer Leistungsdichte von 0,01 bis 100 W/cm<sup>2</sup>, insbesondere 0,1 bis 20 W/cm<sup>2</sup>, aus einer Lampe oder einem gepulsten Laser durchgeführt wird, wobei bei Verwendung eines gepulsten Lasers die Pulsfrequenz zwischen 1 und 1000 Pulse/s und die Bestrahlungszeit zwischen 0,01 und 1000 s liegt, während bei Verwendung einer Lampe die Bestrahlungszeit zwischen 0,1 min und 100 min liegt.
- Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der imprägnierte Katalysatorträger vor der Bestrahlung mit UV-Sensibilisatoren beaufschlagt wird.
- Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß ohne ein chemisches Reduktionsmittel gearbeitet wird.
- Schalenkatalysator, erhältlich nach dem Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Schalendicke zwischen 5 und 5000 µm liegt.
- Schalenkatalysator nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß er Pd und/oder Au als Edelmetalle enthält.
- Verwendung von Schalenkatalysatoren nach Anspruch 9 und/oder 10 für Hydrierungen oder Oxidationsreaktionen.
- Verwendung von Schalenkatalysatoren nach Anspruch 9 und/oder 10 zur Herstellung von Vinylacetat in der Gasphase aus Ethylen, Essigsäure und Sauerstoff oder Sauerstoff enthaltenden Gasen.





Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 98 10 9835

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
X	US 4 264 421 A (BARD ALLEN J ET AL) 28. April 1981 * Beispiele *	1-6,8-10	B01J37/34 B01J23/40 B01J23/48 C07C67/055
X	US 5 260 108 A (O'SULLIVAN EUGENE J M ET AL) 9. November 1993 * Ansprüche *	1-10	
X	US 5 185 308 A (BARTLEY WILLIAM J ET AL) 9. Februar 1993 * Beispiele *	9-12	
A		1-8	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			B01J C07C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort MÜNCHEN		Abschlußdatum der Recherche 10. September 1998	Prüfer Schwallier, J-M
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 03/82 (P4/C03)